元江干热河谷乳油木果实特性及营养成分分析

王以静[1]，吴丽情[2]，许建初[2,3]，赵高卷[2*]

（1. 元江县林业和草原局种苗工作站，云南 玉溪 653300；2. 中国科学院昆明植物研究所山地未来研究中心，昆明 650201；3. 世界农用林业中心东亚与中亚办事处，昆明 650201)

摘要：乳油木（*Vitellaria paradoxa*）为非洲热带地区重要的生态恢复树种和油料作物，其果实含有丰富的果油和代可可脂，被称为“植物油中的翡翠”。然而，当乳油木被引种到中国干热河谷后，其果实特征及其营养物质研究未见报道。为了大面积种植和综合开发乳油木，本研究以云南省元江县引种的乳油木为研究对象，采用田间调查和室内植物化学提取方法，对其果实生物学性状及营养成分进行分析和评价。结果表明引种到元江干热河谷的乳油木树形优美高大、果实大（22.15 g/个）和可食率高（61.12 %）；果肉中膳食纤维含量达41.52 g/100 g，种仁中粗脂肪含量为33.72 g/100 g；果实矿质元素 K、Ca、Mg、Na、Fe 和 Zn 含量分别为6476.70、376.47、181.93、139.20、3.54 和 1.92 mg/100 g；果肉中氨基酸种类极为丰富（17 种），必需氨基酸含量占29.87 %，其中天冬氨酸含量最高，为 1.51 g/100 g。本研究表明该区域乳油木的果实形态、膳食纤维、种油，K、Ca 和天冬氨酸含量均显著大于原产区，该结果不仅为元江干热河谷乳油木人工种植奠定了理论基础，也为乳油果产业化发展和深加工提供一定的技术支撑。

关键词：乳油果，干热河谷，油料作物，营养成分，生态恢复，必需氨基酸

中图分类号：S667.2　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**

Fruit characteristics and nutrient components of *Vitellaria paradoxa* in Yuanjiang dry-hot river valley

WANG Yijing[1], WU Liqing[2], XU Jianchu[2,3], ZHAO Gaojuan[2*]

(1. *Yuanjiang Forestry and Grassland Bureau Seedling Station,* Yunnan Yuxi 653300, China; 2. *Centre for Mountain Future (CMF), Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences,* Kunming 650201, China; 3. *East and Central Asia Regional, World Agroforestry Centre (ICRAF),* Kunming 650201, China)

Abstract: *Vitellaria paradoxa* was an important ecological tree and oil crop in tropical Africa, and its fruit was rich in oil and cocoa butter, which was called “the emerald of vegetable oil”. However, there have been no reports on the analysis and assessment of fruit characteristics and nutritional components of *V. paradoxa* when it was introduced to Yuanjiang hot-dry river valleys of China. In this study, in order to large area cultivate and comprehensively develop *V. paradoxa*, the fruit biological characters and nutritional components of *V. paradoxa* introduced from Africa to Yuanjiang County, Yunnan province were analyzed and evaluated by using field investigation and indoor phytochemical extraction method. The results showed that *V. paradoxa* were tall and graceful, with larger fruit (22.15 g/each) and higher edible rate (61.12 %); The content of dietary fiber in fruit was very high (41.52 g/100 g), and the fat content in seeds was 33.72 g/100 g; Moreover, the contents of K, Ca, Mg, Na, Fe and Zn were 6476.70, 376.47, 181.93, 139.20, 3.54 and 1.92 mg/100 g, respectively; The fruit was rich in amino acids, and essential amino acids accounted for 29.87 %. More importantly, the fruit size, the contents of dietary fiber, fats, K, Ca and aspartic acid of fruits in Yuanjiang dry-hot river valley were significantly higher than those in the original region. The findings not

收稿日期: 2020-11-05

基金项目: 国家重点研发计划（2017YFC0505101）；云南省重点实验室专项基金（E03L081261） [Supported by the National Key Research and Development Plan (2017YFC0505101)；Special Fund for Key Laboratory of Yunnan Province（E03L081261）]。

作者简介：王以静（1965-），林业高级工程师，主要从事森林培育学工作，（E-mail）3373669616@qq.com。

***通信作者：**赵高卷，博士，主要从事干热河谷和喀斯特脆弱生态系统恢复，（E-mail）zhaogaojuan@mail.kib.ac.cn。

only lay a theoretical basis for artificial planting of *V. paradoxa* in dry-hot river valley, but also offer a certain technical support for the industrialization development and the deep processing of products.

Key words：Shea butter, dry hot valley, oil-bearing crops, nutrients content, ecological restoration, essential amino acid

乳油木（*Vitellaria paradoxa*）是山榄科牛油果属落叶乔木，西非热带稀树草原指示树种，具有较高的生态效应和经济价值。树干是优良木材、果肉可加工食用、油渣是很好的饲料、果皮和树叶提取物具有抗菌作用，尤其是果仁，可用来生产乳油木果油和代可可脂（Masters et al.，2004）。

乳油木在非洲自然分布极为广泛，原产于撒哈拉以南的热带稀树草原地带，主要分布在加纳、尼日利亚、达荷美、多哥、几内亚、马里、塞内加尔、乌干达、苏丹等国家，以加纳北部最多（Masters et al.，2004）。乳油木可谓全身是宝，极具开发和利用价值。在药用方面，研究发现乳油木种仁提取物具有抗菌、抗癌、消炎止痛作用（Tella，2012；Ajijolakewu et al.，2015；Zhang et al.，2015；Akpambang，2015），乳油木油渣（种仁提取油脂过后的剩余物）中因含有黄酮类化合物和没食子酸，具有驱蚊除虫作用（Ramsay et al.，2016）；在日用方面，乳油木果实脂肪物质被广泛应用于肥皂和化妆品加工（Coulibaly et al.，2009），具有抗衰老、保湿和再生等功能（陈培丰，2003；凌夫，2004）；在食用方面，乳油木果油含有丰富的蛋白质和氨基酸，是布基法索和加纳地区仅次于可可和咖啡的第三大经济作物（Masters et al.，2004）。

我国于1964年从非洲加纳地区引入云南省元江干热河谷地区人工栽培，长势和开花良好（施宗明和温琼文，2010）。国内相关研究主要集中在乳油木野生资源调查和栽培（杨崇仁和王以静，2018；张传光等，2019）、果油的提取工艺（杨耿等，2018）、果油脂肪酸组成分析（杨耿等，2018；张传光等，2019）和类可可脂的制备等（郭婷婷等，2019）。国外关于乳油木果实营养元素和氨基酸的报道也屡见不鲜（Alhassan et al.，2011；Honfo et al.，2014；Gyeduakoto et al.，2017）。然而，当乳油木被引种到中国元江干热河谷后，特殊气候条件下果实形态特征和营养成分会发生变化吗？与原产地是否存在差异？相关研究未见报道。

为了综合开发和利用乳油木，该文结合田间调查和室内现代植物化学提取方法对其果实生物学性状和营养成分进行分析，探索和评估果实的产量和营养价值，旨在为元江干热河谷乳油木人工种植及其产品深加工提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况和材料准备

研究地位于云南省玉溪市元江县种苗站（23°18′～23°55′ N，101°39′～102°22′ E），平均海拔430 m，年平均气温 23.8 ℃，月平均最高温 28.8 ℃（6月份），月平均最低温 16.8 ℃（1月份），≥ 10 ℃年均有效积温8708.9 ℃，年均蒸发量显著大于降雨量，属于典型的干热河谷气候。

经初步调查发现元江种苗站现存乳油木800余株，大部分生长和挂果良好，果子形如大李子（图1），味甜略带酸味。分别于2018和2019年果实成熟季（8月—9月）随机采摘60个成熟果实做形态指标测定，并于2018年9月随机选取15棵结实的树，摘取成熟果实15 kg用于营养成分分析。

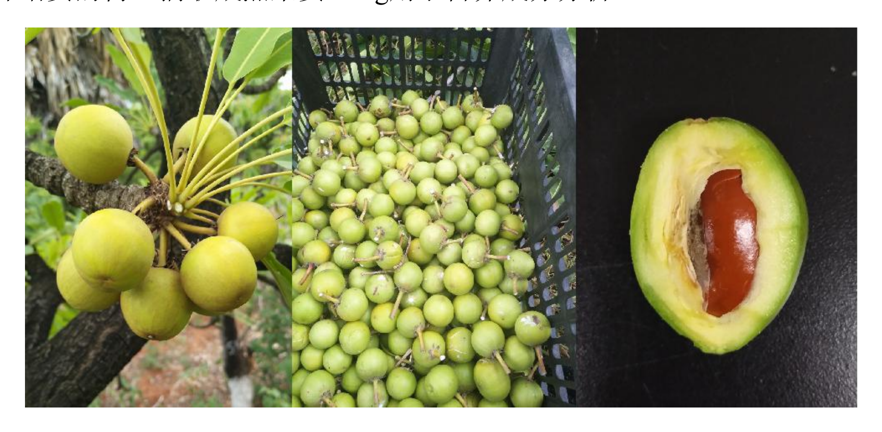


图 1 乳油木果实

Fig. 1 Fruits of *Vitellaria paradoxa*

1.2 实验仪器及试剂

电子游标卡尺，分析天平，真空干燥箱，高速多功能粉碎机（永康市速锋工贸有限公司生产，YB - 500A)，液压式榨油机（沂水阳东机械有限公司，6YY-230），分光光度计（辅光精密仪器(上海)有限公司，FPTOR-TT-XRF-Spectra-3000）。

1.3 实验方法

1.3.1 样品制备

选乳油木果实10 kg清洗干净，将果肉和种子分离（鲜果湿重5.78 kg，鲜种子湿重4.22 kg），鲜果肉和鲜种子分别占鲜果总量的57.77 %和42.23 %；将果肉和种子在60℃烘箱中风干，得果肉干重2.77 kg，种子干重2.63 kg，分别占鲜果干量的48.00 %和62.33 %。取2.0 kg干种子去掉种皮，利用高速多功能粉碎机粉碎和过筛，用液压式榨油机冷榨得淡黄色种油0.67 kg，种子含油率33.72 %。

1.3.2 果实生物学特性测量

果实颜色主要观察外果皮颜色、果壳颜色、种仁颜色，其中颜色直接利用肉眼进行观察；果实质量测量利用分析天平进行，包括单果鲜重（g）和单果果肉重（g），设60个重复；果实形态指标测量包括果实纵径（cm）、横径（cm）和果柄长（cm），利用电子游标卡尺进行，设60个重复。可食率计算公式如下：可食率=（鲜果重-果核重）/鲜果重。

1.3.3 营养成分测定和矿物元素分析

采用现行国家标准方法进行营养成分测定，具体为氨基酸GB5009.124 - 2016，水分GB5009.3 - 2016，蛋白质GB5009.5 - 2016，脂肪GB5009.6 - 201，膳食纤维GB5009.88 - 2014，灰分GB5009.4 - 2016，总糖（以还原糖代替）GB5009.7 - 2016，总酸（以柠檬酸计）GB/T12456 - 2008，每个物质设5个重复。矿物元素钾、钠、锌、铜、钙、铁、镁、锰的分析方法为火焰原子吸收光谱法(GB5009.91 - 2017），每个元素设5个重复（夏剑秋和张毅方，2007；Honfo et al.，2014）。

1.4 数据分析

数据前期处理在Microsoft Excel 2007中进行，均值（Mean）计算和方差分析在SPSS 20中进行。

2 结果与分析

2.1 果实的生物学特性

元江种苗站乳油木果实成熟时果皮为亮绿色，果壳颜色为黄褐色或者褐色，种仁颜色为乳白和浅粉相间，果肉肥厚，果实味如同柿子，可食率达 61.12 %，较原产地高（52.20 %-59.65 %）（George et al.，2012）。从元江种苗站种植的乳油木果实的生物学特性来看，果实和果核大小表现良好，单个果实和果核分别达 22.15 和 8.61 g，果实横径、果实纵径、鲜果重、果核横径、果核纵径和果核重均大于的原产地非洲加纳的三个地区（Paga、Nyankpala 和 Kawampe）（表 1）。

表 1 乳油木果实的形态学特性

Table 1 Morphology characteristics of the fruit of *Vitellaria paradoxa*

果实形态 Fruit morphology	果实横径 Fruit length (cm)	果实纵径 Fruit width (cm)	鲜果重 Fruit weight (g)	果核横径 Seed length (cm)	果核纵径 Seed width (cm)	果核重 Seed weight (g)	可食率 Edible rate （%）
元江 Yuanjiang	3.45±0.25	3.86±0.54	22.15±3.21	2.42±0.57	2.92±0.26	8.61±1.12	61.12±4.52
Paga	2.54±0.32	3.15±0.53	20.20±2.54	1.65±0.67	2.47±0.25	8.15±0.85	59.65±2.42
Nyankpala	2.06±0.25	2.33±0.54	11.65±1.65	1.48±0.32	1.96±0.42	5.59±0.58	52.02±4.54
Kawampe	2.24±0.45	2.66±0.64	16.94±2.32	1.62±0.26	2.36±0.25	7.12±1.21	57.97±5.63

2.2 果实营养成分和矿质元素分析

2.2.1 常规营养成分

常规营养成分主要由灰分、蛋白质、脂肪和膳食纤维组成，果肉主要含膳食纤维（41.52 g/100 g），种仁

主要含脂肪（33.72 g/100 g）和膳食纤维（27.43 g/100 g），种油主要含脂肪（99.19 g/100 g）。其中，果实各部分含水量、灰分、蛋白质、脂肪和膳食纤维也存在差异。其中，含水量、灰分和膳食纤维均表现为果肉>种仁>种油，果肉和种仁中蛋白质含量分别为 7.06 g/100 g 和 8.00 g/100 g（表 2）。相关研究表明较高的灰分含量代表其无机元素高，无机元素影响着人体的生命活动，在提高机体新陈代谢、免疫力等方面有着极为重要的意义，而膳食纤维能够维持人体肠道生态平衡、改善心血管系统疾病等（中国预防医学科学院标准处，1992）。

表 2 乳油木果实中不同部分的常规营养成分含量

Table 2 Contents of conventional nutrients in different parts of *Vitellaria paradoxa* fruit

营养成分 Nutrient content	含水量 Content of water (%)	灰分 Content of ash (g/100 g)	蛋白质 Content of protein (g/100 g)	脂肪 Content of fat (g/100 g)	膳食纤维 Content of dietary fiber (g/100 g)
果肉 Fruit pulp	5.47±0.85	7.42±1.21	7.06±1.35	5.09±0.85	41.52±2.85
种仁 Seed kernel	1.81±0.25	2.83±0.45	8.00±1.53	33.72±3.65	27.43±3.53
种油 Seed oil	0.22±0.01	0.03±0.01	0.13±0.01	99.19±6.55	0.31±0.01

2.2.2 主要矿物元素

乳油木果实中矿质元素含量丰富，从果肉、种仁、种油中矿物元素的组成来看，果肉中主要含 K（4550 mg/100 g）、Ca（282 mg/100 g）和 Na（85.73 mg/100 g），种仁中主要含 K（1926.7 mg/100 g）、Mg（116.0 mg/100 g）和 Ca（94.47 mg/100 g），种油中主要含 Ca（3.83 mg/100 g）、Fe（3.15 mg/100 g）和 Na（2.45 mg/100 g）（表 3）。此外，乳油木果实中也含有丰富的微量元素，其中果肉、种仁、种油中的锌含量分别为 0.85 mg/100 g、1.07 mg/100 g 和 0.09 mg/100 g。相关研究也表明矿物元素在人体中也占据着重要的位置，直接参与机体支架的构成，还能够调节体内酸碱平衡，维持人体的正常生命活动（夏剑秋和张毅方，2007；Bup et al.，2011）。

表 3 乳油木果实中不同部分的矿物元素的含量(单位：mg/100 g)

Table 3 Content of mineral elements in different parts of the fruit of *Vitellaria paradoxa* (Unit: mg/100 g)

矿物元素 Mineral element	钾 K	钠 Na	镁 Mg	锌 Zn	铜 Cu	铁 Fe	锰 Mn	钙 Ca
果肉 Fruit pulp	4550.0±23.50	85.73±4.50	65.93±5.40	0.85±0.10	0.10±0.01	2.62±0.25	0.78±0.06	282.0±8.53
种仁 Seed kernel	1926.7±40.50	53.47±5.50	116.00±14.5	1.07±0.34	0.48±0.01	0.92±0.13	0.34±0.03	94.47±5.54
种油 Seed oil	0.97±0.01	2.45±0.45	0.15±0.04	0.09±0.01	0.14±0.01	3.15±0.35	0.04±0.01	3.83±0.54

2.2.3 氨基酸

元江县种苗站引种的乳油木果肉中氨基酸种类极为丰富，共检测到17种，其中包含7种必需氨基酸（3.68 g/100 g）和10种非必需氨基酸（1.57 g/100 g），氨基酸的总含量平均为5.24 g/100 g，人体必需氨基酸占氨基酸总含量的29.87 %（表4）。其中，含量最高的为天冬氨酸（1.51 g/100 g），其次为谷氨酸（0.49 g/100 g），较原产地高（Ramsay et al.，2016），同时比当地常见热带水果火龙果和文冠果高（蔡永强等，2008；范雪层等，2009），相关研究则表明谷氨酸对人的神经和记忆有积极的促进作用，是一些治疗神经疾病和记忆力减退药物的重要组成部分，也有促进红细胞生成（范雪层等，2009）。

表4 乳油木果肉的氨基酸组成及含量

Table 4 Amino acid composition and content of fruit pulp in *Vitellaria paradoxa*

非必须氨基酸 Non-essential amino acid	含量（g/100 g） Content (g/100 g)	必需氨基酸 Essential amino acid	含量（g/100 g） Content (g/100 g)
组氨酸 Histidine	0.18±0.01	赖氨酸 Lysine	0.28±0.01
丝氨酸 Serine	0.16±0.01	苏氨酸 Threonine	0.22±0.01
精氨酸 Arginine	0.34±0.01	蛋氨酸 Methionine	0.05±0.01
甘氨酸 Glycine	0.21±0.01	缬氨酸 Valine	0.25±0.01
天冬氨酸 Aspartic acid	1.51±0.14	异亮氨酸 Isoleucine	0.19±0.01
谷氨酸 Glutamic acid	0.49±0.02	亮氨酸 Leucine	0.34±0.01
络氨酸 Tyrosine	0.15±0.01	苯丙氨 Phenylalanine	0.23±0.01
丙氨酸 Alanine	0.24±0.02	小计 Subtotal	1.57
脯氨酸 Proline	0.39±0.01		
胱氨酸 Cystine	0.01±0.01		
小计 Subtotal	3.68		

3 讨论与结论

3.1 乳油木果实特性和营养成分在元江干热河谷与原产地之间的差异

随着社会发展和人类生活水平的提高，人类不仅要求吃到有机粮食和绿色蔬菜，对水果和油类也有了更高的期望（Maranz et al.，2004；中国营养学会，2004）。乳油木是集果实和种油为一体的新型果类，特别地，种油被称为“植物油中的翡翠”（黄贤校等，2015；Tom-Dery et al.，2018）。本研究表明引种到元江干热河谷的乳油木生长和结果良好，果实大小和可食率较原产地的高，可能因为该研究区域较原产地有较大的降雨量，更多的雨水促进乳油木更好的生长发育（George et al.，2012），该结果也为乳油木在干热河谷栽培奠定了一定的基础。

在传统乳油木资源开发和利用过程中，研究者主要关注于油脂，而抛弃其果肉和果渣，造成资源的浪费和环境的污染（施宗明和温琼文，2010）。该研究首次对乳油木果实中果肉、种仁和种油的营养成分进行分析，表明乳油木果实中氨基酸和矿物质元素种类丰富，具有开发为一种新型水果的巨大潜力（张传光等，2019）；种仁脂肪含量高，种油和其它营养成分（灰分、粗纤维、脂肪和碳水化合物）与可可相似，为潜在的可可替代品（Ajayi，2015），该结果为乳油木果实的果肉、种仁和种油综合开发提供一定的基础。相反，虽然元江种植的乳油木种仁脂肪含量（33.72 g/100 g）低于非洲尼日利亚原产地（59.10 g/100 g），这可能与原产地具有更高的热量和较低的降雨有关（Akpambang，2015），但该区域乳油木种油的脂肪较原产地高出 23.4 %，脂肪含量高达 99.19 %，杂质非常少（表 2）（Maranz & Wiesman，2014；Ajayiaoo, 2015），这些可能与干热河谷特殊环境条件有关，也可能与种油的提取技术、分馏方法和储存条件等有关（Maranz & Wiesman，2014），这些结果为乳油木产品深加工提供了一定的技术支撑。

此外，元江干热河谷乳油木果肉中钾元素（4.55 g/100 g）和钙元素含量显著大于原产地非洲加纳地区（1.1-2.0 g/100 g），且原产地果实种油中未检测出钾元素（Honfo et al.，2014；杨耿等，2018），这可能由土壤理化性质和气候条件差异造成。相关研究则表明钾和钙是人体中必不可少的矿物元素，成年男女每日膳食中钾和钙的摄入量分别为 775-2325 mg 和 1875-5625 mg（夏剑秋和张毅方，2007），适度的摄入量具有调节血脂、降低血压、增强骨骼的生长发育（Bup et al.，2011）。

3.2 元江干热河谷乳油木果实与当地其它果实的差异

乳油木在非洲自然分布极为广泛，分布于加纳、尼日利亚、达荷美、多哥、几内亚、马里、塞内加尔、乌干达、苏丹等十几个国家，但是它的生态位却非常的窄（Masters et al.，2004）。乳油木产品（化妆品、药用、食用等行业）进入我国市场已有十余年（Ajayi，2015），但是，中国由于前期研究不足和开发力度不够，

导致种植面积小，原料供不应求（杨崇仁和王以静，2018）。该研究表明元江干热河谷适合乳油木的种植，且果肉中的钾含量（45.5 g/ kg）显著高于当地热带水果，如芒果（0.82 g/ kg）、火龙果（1.83-2.42 g/ kg）和荔枝等，是一种潜在的新兴补钾水果（廖香俊等，2008；王彩霞等，2018）。该研究也表明乳油果氨基酸种类齐全，含量丰富，特别是天冬氨酸和谷氨酸，其含量较当地火龙果和文冠果高（蔡永强等，2008；范雪层等，2009），这可能是由于物种间的差异造成的，也可能是因为火龙果和文冠果更适应降雨量大的热区，而不适应干热河谷气候。相关研究还表明氨基酸除了作为合成蛋白质的原料外，还具有很多重要的生理功能，如转化成激素、核苷酸、神经递质等，氨基酸含量不足或者缺乏会抑制生长发育（蔡永强等，2008；范雪层等，2009）。

3.3 研究前景和展望

干热河谷是我国西南地区特殊的生态系统类型，气候表现为热量充足，水分缺乏，干湿分明，气温全年较高，太阳辐射强等特点（赵高卷等，2016；马焕成等，2020）。干热河谷有成效的乔木树种并不多见，既有生态效应又有经济效应的树种更是屈指可数（马焕成等，2020）。引种于非洲的乳油木不仅能适应干热河谷的特殊气候条件，生长结果良好，而且果实中还含有丰富的K元素、膳食纤维和氨基酸。但是，有关干热河谷不同海拔、不同坡位和坡度、不同果期、不同大小果实之间营养成分差异，以及干热河谷环境条件是如何影响乳油果产量、脂肪和营养的积累和转换等问题值得进一步研究。

参考文献

AJAYI AOO, 2015. Comparative analysis of the nutritional qualities of seeds of Shea Nut (*Butyrospermum parkii*) and Cocoa (*Theobroma cacao*)[J]. British J Appl Sci Technol, 5(2): 210-216.

AJIJOLAKEWU KA & AWARUN FJ, 2015. Comparative antibacterial efficacy of *Vitellaria paradoxa* (Shea butter tree) extracts against some clinical bacterial isolates[J]. Notul Sci Biol, 7(73): 264-268.

AKPAMBANG VOE, 2015. Physico-chemical properties and fatty acids composition of two fats used in ethno-medicinal treatment of arthritis in Southwestern Nigeria: *Vitellaria paradoxa* and *Python sebae*[J]. Pel Res Lib, 7(6): 50-53.

ALHASSAN E, AGBEMAVA S, ADOO N, et al., 2011. Determination of trace elements in Ghanaian Shea Butter and Shea Nut by neutron activation analysis (NAA)[J]. Res J Appl Sci Eng Technol, 2(3):1-3.

BUP DN, KAPSEU CS, MATOS L, et al., 2011. Influence of physical pretreatments of sheanuts (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) on butter quality[J]. Eur J Lipld Sci Technol, 113(9): 1152-1160.

CAI YQ, XIANG QY, CHEN JL, et al., 2008. Nutrient composition analysis of Pitaya fruit[J]. Economic Forest Research, 26(4): 53-56. [蔡永强, 向青云, 陈家龙, 等, 2008. 火龙果的营养成分分析[J]. 经济林研究, 26(4): 53-56.]

CHEN PF, 2003. The application of shea butter in cosmetics[J]. Fujian Text, 12(12): 1-4. [陈培丰, 2003. 乳木果油在化妆品中的应用[J]. 福建轻纺, 12(12): 1-4.]

CHINESE ACADEMY of PREVENTIVE MEDICINE STANDARDS DIVISSION, 1992. Compilation of national standards for food hygiene[J]. Chin Stand Press. [中国预防医学科学院标准处, 1992. 食品卫生国家标准汇编[M]. 中国标准出版社.]

CHINESE NUTRITION SOCIETY, 2000. Dietary nutrient reference intake of Chinese residents[M]. Beijing: China Light Industry Press. [中国营养学会, 2000. 中国居民膳食营养素参考摄入量[M]. 北京：中国轻工业出版社.]

COULIBALY Y, OUEDRAOGO S, NICULESCU N, 2009. Experimental study of shea butter extraction efficiency using a centrifugal process[J]. J Eng Appl Sci, 4(9): 14-19.

FAN XC, DENG H, LI ZD, et al., 2009. Analysis of functional properties and amino acid composition in *Xanthoceras sorbifolium*[J]. Chin Oils Fats, 34(6): 26-30. [范雪层, 邓红, 李招娣, 等, 2009. 文冠果蛋白的功能特性及其氨基酸组成分析[J]. 中国油脂, 34(6): 26-30.]

GEORGE N, GUSTAV M, FRANCIS AC, et al., 2012. Leaf and fruit characteristics of Shea (*Vitellaria paradoxa*) in Northern Ghana[J]. Res Plant Biol, 2(3): 38-45.
GOU TT, WANG Y, LI L, et al., 2019. The study of optimization conditions for preparing cocoa butter from shea butter and its properties[J]. Food Ind, 40(1): 86-91. [郭婷婷，汪颖，黎丽，等, 2019. 乳木果油制备类可可脂条件优化及其性质研究[J]. 食品工业, 40(1): 86-91.]
GYEDUAKOTO E, AMONARMAH F, YABANI D, 2017. Utilization of shea fruit to enhance food security and reduce poverty in Ghana[J]. Afr J Sci, Technol Inn Dev, 5(3):1-9.
HONFO FG, AKISSOE N, LINNEMANN AR, et al., 2014. Nutritional composition of shea products and chemical properties of shea butter: A review[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 54(5): 673-686.
HUANG XX, ZHOU YP, GAO YY, et al., 2015. Study on extraction technology of bioactive substances from shea butter[J]. Chin Oils Fats, 40(4): 69-73. [黄贤校，邹彦平，高媛媛，等, 2015. 乳木果液油中生物活性物质提取工艺的研究[J]. 中国油脂, 40(4): 69-73.]
LIAO XJ, TANG SM, WU D, et al., 2008. Soil environment of mango orchard in Hainan and its influence on mango quality[J]. J Ecol Environ, 17(2): 277-283. [廖香俊，唐树梅，吴丹，等, 2008. 海南芒果园土壤环境及其对芒果品质的影响[J]. 生态环境学报, 17(2): 277-283.]
LING F, 2004. The application of shea butter in cosmetics[J]. Chin Cosm, 14(3): 86-87. [凌夫, 2004. 乳木果油在化妆品中的应用[J]. 中国化妆品, 14(3): 86-87.]
MA HC, WU JR, ZHENG YL, et al., 2020. Analysis on the formation characteristics of dry and hot valley and related problems of vegetation restoration[J]. J SW For Univ (Nat Sci Ed), 40(3): 1-8. [马焕成，伍建榕，郑艳玲，等, 2020. 干热河谷的形成特征与植被恢复相关问题探析[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 40(3): 1-8.]
MARANZ S & WIESMAN Z, 2004. Influence of climate on the tocopherol content of shea butter[J]. J Agr Food Chem, 52(10): 2934-2937.
MASTERS ET, YIDANA JA, LOVETT PN, et al., 2004. Reinforcing sound management through trade: Shea tree products in Africa[J]. Unasylva, 3(2): 219-222.
RAMSAY A, WILLIAMS AR, THAMSBORG SM, et al., 2016. Galloylated proanthocyanidins from shea (*Vitellaria paradoxa*) meal have potent anthelmintic activity against Ascaris suum[J]. Phytochemistry, 46(122): 146-153.
SHI ZM & WEN QW, 2010. An oil tree that resists heat and drought—African shea tree[J]. Yunnan For, 31(5): 48. [施宗明和温琼文, 2010. 一种耐热耐旱的油料树种—非洲牛油果[J]. 云南林业, 31(5): 48.]
TELLA A, 2012. Preliminary studies on nasal decongestant activity from the seed of the shea butter tree, *Butyrospermum parkii*[J]. Brit J Clin Pharmacol, 7(5): 495-497.
TOM-DERY D, ELLER F, REISDORFF C, et al., 2018. Shea (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn.) at the crossroads: current knowledge and research gaps[J]. Agrofor Syst, 2(92): 1353-1371.
WANG CX, XIE LS, LU LL, et al., 2018. Nutritional composition analysis and comparison of pitaya fruit varieties in Hainan provence[J]. Trop Agricul Sci, 38(3): 53-56. [王彩霞，谢良商，卢丽兰，等, 2018. 海南省主栽红心火龙果品种营养成分分析比较[J]. 热带农业科学, 38(3): 53-56.]
XIA CR, WANG YJ, 2018. Investigation report of *Vitellaria paradoxa* in Yunnan[J]. Wild Plant Resour Chin, 37(6): 68-72. [杨崇仁，王以静, 2018. 云南乳油木调研报告[J]. 中国野生植物资源, 37(6): 68-72.]
XIA JQ & ZHANG YF, 2007. The function of the main nutrients and trace elements in soybean[J]. Chin Oils Fats, 4(1): 71-73. [夏剑秋和张毅方, 2007. 大豆中主要营养成分和微量元素的功能作用[J]. 中国油脂, 4(1): 71-73.]
YANG G, ZHANG X, CHEN YH, et al., 2018. Optimization of ultrasonic assisted extraction technology and analysis of fatty acid composition of Shea butter[J]. Chin Oils Fats, 43(11): 89-93. [杨耿，张勋，陈亦豪，等. 乳木果油的超声波辅助提取工艺优化及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 43(11): 89-93.]

ZHANG CG, LUO T, YUAN XH, et al., 2019. Current situation and fatty acid composition analysis of introducted Shea butter in Yunnan[J]. Chin Oils Fats, 44(4): 102-104. [张传光, 罗婷, 员新华, 等, 2019. 云南引种乳木果现状及乳木果油脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 44(4): 102-104.]

ZHANG J, KURITA M, EBINA K, et al., 2015. Melanogenesis‐inhibitory activity and cancer chemopreventive effect of glucosylcucurbic acid from shea (*Vitellaria paradoxa*) kernels[J]. Chem Biodivers, 12(4): 547-558.

ZHAO GJ, XU XL, MA HC, et al., 2016. Natural population regeneration of *Bombax ceiba* in the dry-hot river valley of Honghe[J]. Acta Oecologica, 36(5) : 1342-1351. [赵高卷, 徐兴良, 马焕成, 等, 2016. 红河干热河谷木棉种群的天然更新[J]. 生态学报, 36(5): 1342-1351.]